

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 554 516

(21) N° d'enregistrement national : 83 17728

(51) Int CI<sup>4</sup> : F 04 B 45/04; F 25 B 21/00; H 01 L 23/34.  
41/04.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 8 novembre 1983.

(71) Demandeur(s) : COMPAGNIE D'INFORMATIQUE MILITAIRE SPATIALE ET AERONAUTIQUE. — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Christian Val.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 19 du 10 mai 1985.

(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

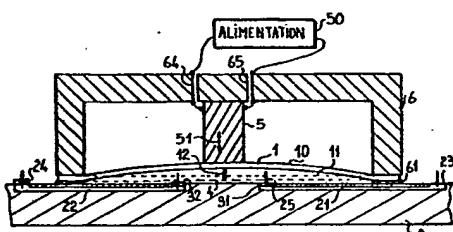
(74) Mandataire(s) : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCPI.

(54) Microcompresseur piézo-électrique.

(57) L'invention a pour objet un microcompresseur utilisant l'effet piézo-électrique.

Il est constitué par une membrane souple 1 et des moyens piézo-électrique 5 permettant de faire varier la position de la membrane, cette variation de position entraînant une variation d'un volume prédéterminé 4, permettant ainsi par l'intermédiaire de deux soupapes 31, 32 de comprimer un gaz.

Application au refroidissement de circuits électroniques.



FR 2 554 516 - A1

## MICROCOMPRESSEUR PIEZOELECTRIQUE

La présente invention a pour objet un microcompresseur utilisant l'effet piézoélectrique.

Ainsi qu'il est connu, les technologies actuelles des circuits intégrés et circuits hybrides et leur haut niveau d'intégration nécessitent l'évacuation de quantités de chaleur assez importantes, 5 afin de garantir la stabilité thermique et d'améliorer la fiabilité des circuits concernés.

Différentes solutions à ce problème sont à l'heure actuelle connues :

10 - le refroidissement par convection, utilisant un radiateur et éventuellement un ventilateur, qui est devenu mal adapté aux nouveaux circuits très performants du fait de son mauvais rendement et de son encombrement important ;

15 - des éléments, appelés parfois frigistors, utilisant l'effet Peltier ; ils sont basés sur la génération d'une différence de température par deux matériaux différents soumis à une différence de potentiel ; ils présentent toutefois un certain nombre d'inconvénients : ils ont un rendement faible, nécessitent de forts courants qui sont difficiles à obtenir en microélectronique et, enfin, ils ne peuvent assurer de refroidissement qu'à l'endroit même où ils sont 20 implantés ;

25 - la détente d'un gaz dans une chambre située sous le ou les composants à refroidir ; ce dispositif présente l'inconvénient de nécessiter une source gaz de haute pression en amont, qui est en général très volumineuse (bouteille de gaz comprimé par exemple).

La présente invention a pour objet un compresseur susceptible de remplacer la source de gaz haute pression précédente, qui soit

miniaturisé et fabricable à l'aide des technologies utilisées dans le domaine des composants et des circuits électroniques.

Plus précisément, le microcompresseur piézoélectrique selon l'invention comporte à cet effet :

5 - une membrane souple fixée à sa périphérie sur un substrat, en délimitant avec celui-ci un volume fermé par au moins deux soupapes ;

- des moyens piézoélectriques animant, sur commande électrique, la membrane d'un mouvement faisant varier le volume fermé.

10 Le mouvement de la membrane vers la première de ses deux positions extrêmes, qui augmente ledit volume, correspond à une phase de fonctionnement dite d'admission, la première des deux soupapes étant telle qu'elle autorise alors le passage d'un gaz à une pression initiale vers l'intérieur du volume ; le mouvement de la membrane vers la deuxième de ces deux positions extrêmes qui

15 diminue ledit volume, correspond à une phase de fonctionnement, dite de compression, la deuxième des deux soupapes étant telle qu'elle autorise le passage du gaz hors du volume, à une pression supérieure à la pression initiale.

20 D'autres objets, particularités et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les dessins annexés, qui représentent :

- la figure 1, un premier mode de réalisation, vu en coupe, du microcompresseur selon l'invention ;

- la figure 2, un mode de réalisation des moyens piezo-25 électriques utilisés dans le microcompresseur selon l'invention ;

- les figures 3, a, b et c, un mode de réalisation d'un détail de la figure 1 ;

- la figure 4, un autre mode de réalisation, vu en coupe, du microcompresseur selon l'invention ;

- les figures 5 a, b et c, différents modes de réalisation d'un dispositif d'amplification de mouvement, susceptible d'être utilisé

dans le microcompresseur selon l'invention.

Sur ces différentes figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments et, pour la clarté de l'exposé, l'échelle réelle des éléments constitutifs n'a pas été respectée.

5 Sur la figure 1, on a représenté une membrane souple 1, fixée sur sa périphérie à un substrat 2 par l'intermédiaire d'une cale d'épaisseur 61, de façon à ce que la membrane 1 en position de repos (repéré 11) ne touche pas le substrat 2 mais qu'au contraire soit ménagé un volume fermé 4 entre la membrane et le substrat. La membrane 1 est réalisée par exemple en métal.

10 La membrane est susceptible de se déplacer (flèche 12) entre deux positions extrêmes 10 et 11 sous l'action de moyens piézoélectriques 5, fixés sur la membrane 1 de préférence au voisinage de son centre et supportés par un capot 6, le capot étant fixé également au substrat 2, par exemple à la périphérie de la membrane.

15 La figure 2 représente un mode de réalisation des moyens piézoélectriques 5.

20 Ils se composent d'un empilement de disques piézoélectriques 55 entre lesquels sont glissés des disques minces 54 d'un matériau conducteur tel que le cuivre, formant électrode, le tout étant maintenu en position par un boulon isolé 52 et son écrou 56. Les disques 55 en matériau piézoélectrique sont par exemple constitués par des céramiques commercialisées par la Société LCC sous la référence CPE 205.

25 Les électrodes 54 sont reliées à une alimentation électrique 50, par exemple par l'intermédiaire de trous métallisés 64 et 65.

20 Ainsi qu'il est connu, chacun des disques est susceptible de s'allonger dans le sens transversal (flèche 51) sous l'effet d'un champ appliqué entre ses deux faces par l'intermédiaire des disques 54. En se reportant à la figure 1, il apparaît que l'empilement 5 décrit ci-dessus, fixé à la membrane 1 et au capot 6, permet le mouvement de la membrane comme indiqué par la flèche 12, faisant ainsi varier le

volume fermé 4.

Le volume 4 est susceptible de recevoir un gaz de l'extérieur (flèche 25) par l'intermédiaire d'un canal 21 tracé dans l'épaisseur du substrat 2 ; ce canal a un orifice 23 débouchant à l'extérieur du capot 6 et, à son autre extrémité débouchant dans le volume 4, une soupape 31 dite d'admission par laquelle le gaz est admis (flèche 25) dans le volume 4. Symétriquement, le substrat 2 comporte un second canal 22, fermé à une de ces extrémités par une soupape 32 dite d'échappement, située dans le volume 4, et à son autre extrémité par un dispositif 24 permettant de recueillir le gaz.

Il apparaît ainsi que le dispositif de la figure 1 fonctionne en deux étapes :

- lors de la première étape, la membrane 1, initialement en position de repos (11) est déformée vers le haut vers la position 10 par les moyens piézoélectriques 5 ; le volume 4 se trouve donc agrandi et il y a admission, dans ce volume, de gaz à une pression initiale  $P_0$  par l'intermédiaire du canal 21 et de la soupape 31 ;

- lors de la deuxième étape, la membrane 1 revient, sous l'action des moyens piézoélectriques 5, dans sa position initiale 11, réduisant ainsi le volume 4 et comprimant le gaz qui s'y trouve ; celui-ci s'échappe à une pression  $P$ , supérieure à  $P_0$ , par la soupape 32 et le canal 22 jusqu'à l'orifice 24 où il est prélevé

Les figures 3a, b et c, représentent un mode de réalisation du substrat 2, des canaux et des soupapes qu'il porte. Sur cette figure, on a représenté une vue en coupe partielle du substrat au niveau des soupapes.

Dans ce mode de réalisation, le substrat 2 est constitué d'une pluralité de couches repérées 26 à 29 à savoir, sur la partie droite de la figure :

- une couche épaisse 26, formant support, dans laquelle est gravé le canal d'admission 21 ; celui-ci se termine par une chambre 34, par exemple circulaire comme montré sur la figure 3c, qui est

25

20

25

30

une vue de dessus du support 26 au niveau de la chambre 34 ;

- une première couche fine repérée 28, recouvrant le support 26, constituée par exemple par une tôle mince, comportant un trou, par exemple de section circulaire et de diamètre inférieur à celui de la chambre 34, sensiblement coaxial avec celle-ci.

- une plaque 27, recouvrant la couche 28, par exemple également constituée par une tôle mais d'épaisseur de préférence supérieure, présentant également un trou coaxial avec celui de la couche 28, de préférence de mêmes caractéristiques, ces trous étant destinés à former un conduit 33 entre la chambre 34 et la soupape d'admission 31 ;

- une deuxième couche 29, recouvrant la plaque 27, de préférence constituée comme la couche 28, dans laquelle une découpe par exemple rectangulaire réalise la soupape 31.

Le dispositif fonctionne de la façon suivante : lors de la première étape décrite ci-dessus, les moyens piézoélectriques 5 (figure 1) mettent la membrane dans sa position 10, créant une dépression au-dessus de la soupape 31 ; de ce fait, celle-ci se soulève autorisant ainsi l'admission du gaz du conduit 21 vers le volume 4 (flèche 25).

Sur la partie gauche de la figure 3a, on a représenté de façon analogue la coupe du substrat 2 au niveau de la soupape d'échappement 32. Comme précédemment, le canal d'échappement 22 est creusé dans le support 26, lequel est recouvert successivement par la couche 28, la plaque 27 et la couche 29. Comme précédemment également, le canal 22 se termine par une chambre 36, par exemple circulaire et dont les dimensions sont de préférence identiques à celles de la chambre d'admission 34 ; la chambre 36 est représentée

vue de dessus figure 3b. La soupape 32 étant destinée à s'ouvrir lorsque la membrane 1 passe de la position 10 à la position 11 (figure 1), de façon à laisser passer le gaz comprimé, c'est la couche 28 qui présente une découpe mobile formant la soupape 32, la plaque 27 étant percée comme précédemment d'un trou 35 de préférence de mêmes dimensions que le trou 33 et la couche supérieure 29 est

perçée d'un trou de préférence identique au trou 35 afin de former un conduit 35.

Le mode de réalisation décrit sur les figures 3 présente l'avantage d'une grande facilité de réalisation : en effet, les canaux 21 et 22 sont réalisés par fraisage dans le support 26 et les soupapes sont obtenues par des découpes identiques mais symétriques, par attaque chimique par exemple, les éléments 26 à 29 étant par exemple en acier inoxydable.

La figure 4 représente un autre mode de réalisation du micro-compresseur selon l'invention.

Dans ce mode de réalisation, on retrouve une membrane souple 1 fixée sur sa périphérie au substrat 2 et, de préférence au voisinage de son centre, à des moyens piézoélectriques 5 ; ceux-ci sont par exemple constitués comme représenté sur la figure 2 ; les moyens 5 sont fixés par ailleurs au capot 6, lui-même fixé par l'intermédiaire d'un scellement 61 au substrat 2.

Dans ce mode de réalisation, une cuvette 203 est creusée dans le substrat 2 sous la membrane 1, celle-ci portant des soupapes 15 et 16 fermant des trous respectivement 14 et 16 traversant la membrane.

Le dispositif comporte encore une membrane souple 204 assurant l'étanchéité entre la membrane 1 et le capot 6 entre les trous 14 et 16, délimitant deux volumes 41 et 42.

Enfin, le dispositif comporte deux canaux, 201 et 202, permettant de mettre les volumes 41 et 42 en relation avec l'extérieur.

Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant : sous l'action des moyens piézoélectriques 5, la membrane vient occuper une position repérée 18 dans la cuvette 203, permettant ainsi l'admission de gaz à la pression initiale  $P_0$  par l'intermédiaire du canal 201 dans le volume 41 et dans celui-ci uniquement, la soupape 15 étant alors fermée. Lorsque, toujours sous l'action des moyens piézoélectriques 5, la membrane 13 revient dans sa position initiale représentée sur la figure, la soupape 15 s'ouvre, laissant passer le gaz dans la

5 cuvette 203. Lorsque la membrane revient à sa position 18, le gaz contenu dans la cuvette 203 se trouve comprimé, donc porté à une pression supérieure à  $P_0$ , du fait de la réduction de volume de ladite cuvette. Il s'échappe alors par l'intermédiaire de la soupape 7 dans le volume 42 d'où il ne peut plus sortir tant que le canal 202 reste fermé à son extrémité. On obtient donc dans l'espace 42 un gaz à une pression supérieure à la pression initiale  $P_0$ .

10 Les figures 5, a, b et c, représentent trois variantes d'un dispositif d'amplification de mouvement susceptible d'être utilisé dans le microcompresseur selon l'invention.

15 Sur la figure 5a, on a représenté une première variante dans laquelle on distingue un empilement de plaquettes piézoélectrique tels que décrit figure 2, globalement repéré 5, enserré entre deux flasques 57 et 58 par le boulon 52 et son écrou 56. L'empilement est, contrairement à ce qui a été décrit précédemment, placé horizontalement, c'est-à-dire qu'il fournit un déplacement (flèche 51) parallèle à la membrane 1 et au capot 6. Le dispositif d'amplification comporte quatre bras, repérés 71 à 74, montés de façon à obtenir un polygone déformable : deux bras 71 et 74 relient les flasques 57 et 58 par l'intermédiaire de trois aiguilles de roulement, repérées 75, placées respectivement entre les bras et les flasques et entre les deux bras ; l'aiguille centrale placée entre les bras 71 et 74 assure également la fixation de l'ensemble au capot 6 par exemple au moyen d'une encoche (non représentée) pratiquée dans le capot 6, destinée à recevoir l'aiguille 75. De la même façon, du côté de la membrane 1, les flasques 57 et 58 sont réunies par deux bras (72 et 73) et trois aiguilles (75), l'aiguille centrale assurant la fixation sur la membrane 1 par exemple comme sur le capot 6. Afin de recevoir les aiguilles 75, les flasques comportent des épaulements et les bras sont terminés à leurs extrémités par un V. Enfin, les deux aiguilles centrales 75 sont retenues par un ressort de maintien 76.

20 25 30 La figure 5b représente une autre variante de réalisation des moyens d'amplification du mouvement.

Sur cette figure, on a représenté deux empilements piézo-électriques tels que décrit figure 2, repérés respectivement 50 et 59, placés horizontalement et reliés chacun, d'une part, à la partie latérale du capot 6 par l'intermédiaire d'une aiguille de roulement 63 5 se logeant dans des logements en V prévus à cet effet dans le capot et dans l'empilement piézoélectrique et, d'autre part, à un dispositif central d'amplification de mouvement, réalisé par un polygone constitué de façon analogue à ce qui est décrit figure 5a en faisant abstraction des empilements piézoélectriques 5, c'est-à-dire de quatre bras tels que 71 (figure 5a), s'appuyant d'une part sur la partie horizontale du capot 6 et sur la membrane 1 et, d'autre part, 10 sur les flasques portant les empilements piézoélectriques. Enfin, l'une des parties latérales du capot 6 recevant l'empilement piézo-électrique peut être constituée par un dispositif de réglage 62.

La figure 5c représente une troisième variante d'un dispositif d'amplification de mouvement.

Sur cette figure, on a représenté le substrat 2, la membrane 1 et le capot 6. Comme pour la figure précédente, ce mode de réalisation comporte deux empilements piézoélectriques 50 et 59 fixés d'une part sur les parties latérales du capot 6 et d'autre part un dispositif central d'amplification de mouvement. Celui-ci est constitué par un liquide 79 disposé dans une enveloppe 78, celle-ci étant fixée sur la partie horizontale du capot 6 et recevant sur ses parties latérales les efforts exercés par les empilements piézoélectriques 50 et 59. La partie inférieure du boîtier 78 est terminée par un piston 80 qui se déplace sous l'action du liquide 79 et qui est en contact avec la membrane 1.

A titre d'exemple, l'invention a été réalisée selon le mode représenté figures 1, 2 et 3, avec les caractéristiques suivantes :

- une pression de l'ordre de 20 bars ;

- un substrat 2 constitué d'un support 26 de 9mm d'épaisseur,

30 de deux couches 28 et 29 de 0,1mm d'épaisseur et d'une plaque 27 de 1mm d'épaisseur, dans lesquels sont réalisés deux conduits 33 et 35

de 0,6mm de diamètre, ces différents éléments étant réalisés en acier 23CN 18.10 et assemblés par brasure sous vide ;

5 - des moyens piézoélectriques comportant des disques (55) de 15mm de diamètre, de 2mm d'épaisseur, comportant une ouverture centrale de 5mm, et des électrodes 54 de mêmes diamètres et d'épaisseur de l'ordre de 30um, l'allongement obtenu pour chaque disque sous 1000v. étant de l'ordre de 0,45um.

REVENDICATIONS

1. Microcompresseur piézoélectrique caractérisé par le fait qu'il comporte :

5 - une membrane (1) souple fixée à sa périphérie sur un substrat (2) en délimitant avec celui-ci un volume fermé par au moins deux soupapes ;

10 - des moyens piézoélectriques (5) animant, sur commande électrique, la membrane d'un mouvement faisant varier le volume fermé,

15 le mouvement de la membrane vers la première de ses deux positions extrêmes, qui augmente ledit volume, correspondant à une phase de fonctionnement dite d'admission, la première des deux soupapes étant telle qu'elle autorise alors le passage d'un gaz à une pression initiale vers l'intérieur du volume, et le mouvement de la membrane vers la deuxième de ses deux positions extrêmes, qui diminue ledit volume, correspondant à une phase de fonctionnement dite de compression, la deuxième des deux soupapes étant telle qu'elle autorise le passage du gaz hors du volume, à une pression supérieure à la pression initiale.

20 2. Microcompresseur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les moyens piézoélectriques (5) sont constitués par au moins un empilement de disques alternativement en matériau piézo-électrique (55) et en matériau conducteur (54).

25 3. Microcompresseur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte un capot (6) portant les moyens piézoélectriques (5), fixé de façon étanche sur le substrat (2).

4. Microcompresseur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le substrat (2) comporte succes-

sivement :

5 - un support (26) dans lequel sont réalisés deux canaux (21, 22), chacun des canaux communiquant à une de ses extrémités avec l'extérieur et étant fermé à son autre extrémité par une des deux soupapes,

- une première couche (28) déposée sur le substrat au dessus des canaux ;

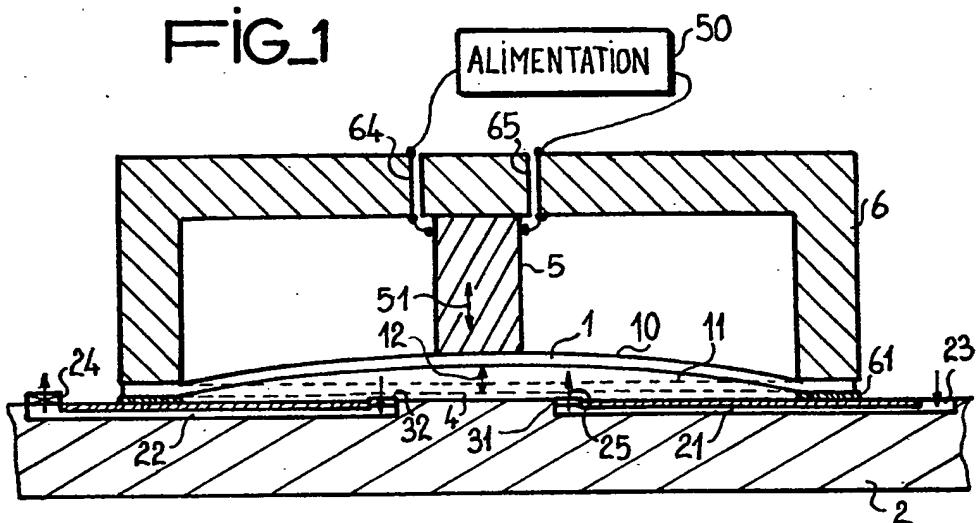
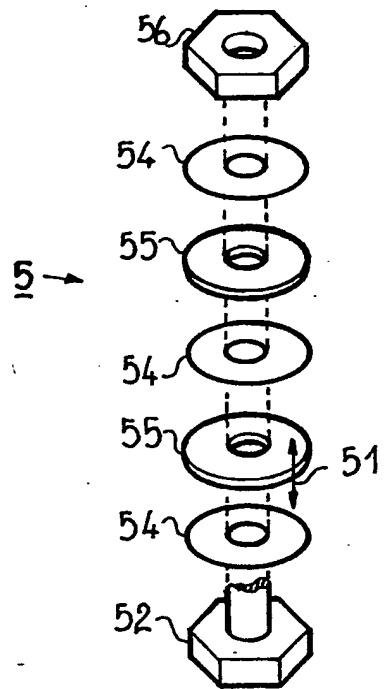
- une deuxième couche (29) ;

les deux soupapes (31, 32) étant réalisées par découpe respectivement dans les deux couches.

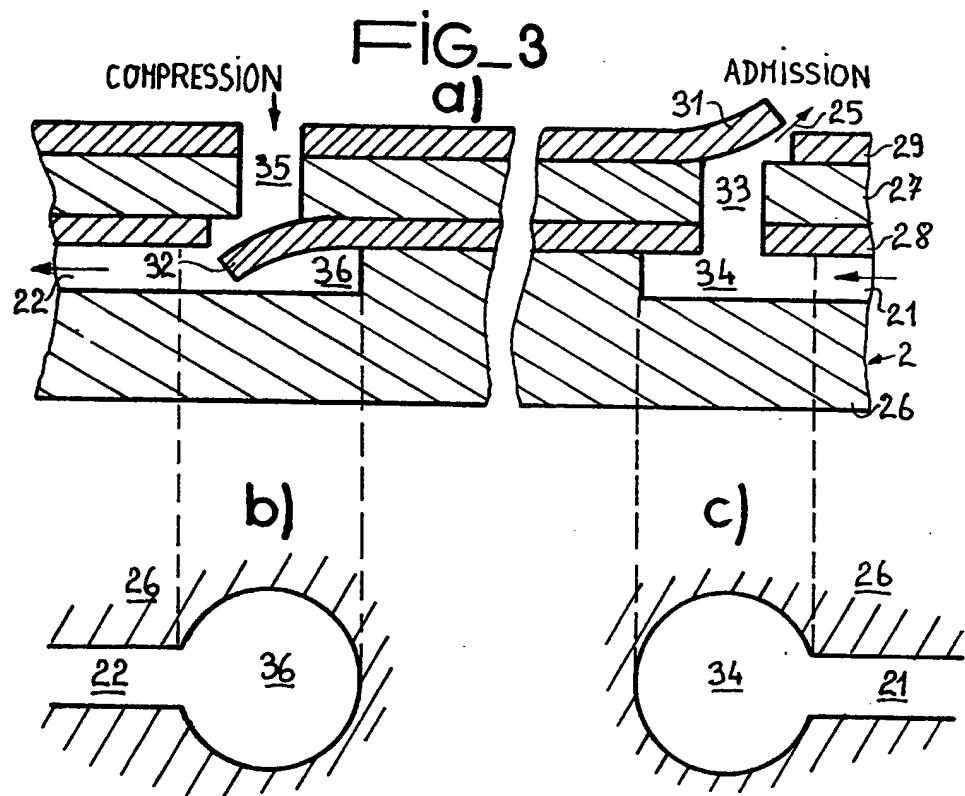
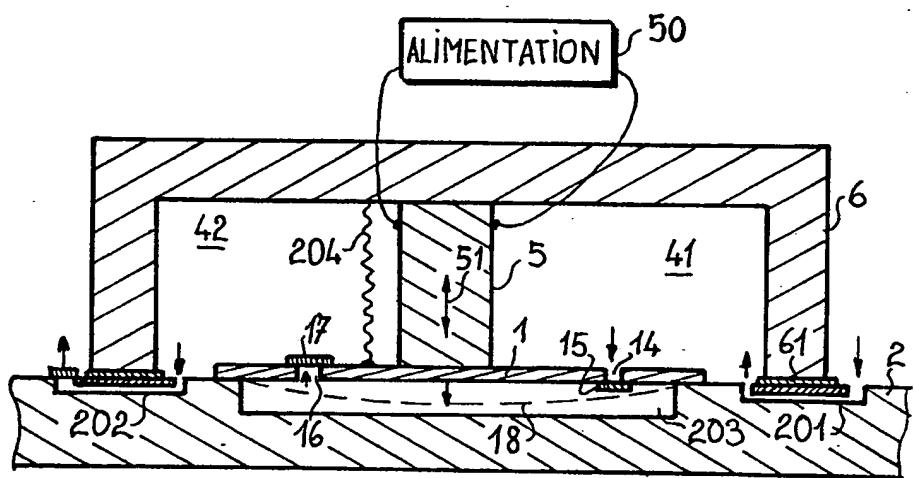
10 5. Microcompresseur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que le substrat comporte une cavité (203) au-dessus de laquelle est placée la membrane (1), celle-ci comportant deux orifices fermées respectivement par les deux soupapes (15, 17), la membrane effectuant son mouvement dans la cavité.

15 6. Microcompresseur selon la revendication 3 et l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre des moyens pour amplifier le mouvement fourni par les moyens piézoélectriques, ces moyens d'amplification recevant le mouvement fourni par les moyens piézoélectriques et étant montés entre le capot et la membrane.

1/3

**FIG\_2**

2/3

**FIG\_4**

3/3

FIG\_5

